

라돈저감 이렇게 하세요!

라돈으로부터 안전한 실내환경 조성 가이드북

mev 환경부



녹색공존 그 희망의 조건



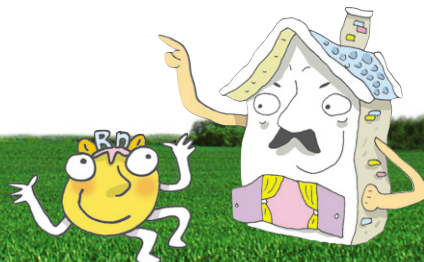
‘라돈(^{222}Rn)’.

태초부터 지구상에 존재해왔던 자연방사성 기체.
흡연에 이어 폐암 발병의 주요 원인물질(WHO).

그러나 정확한 이해와 생활 속 작은 실천만 따른다면
얼마든지 그 위험으로부터 벗어날 수 있는 자연의 일부.

라돈이 무엇이고, 어떻게 문제를 해결 할 수 있는지,
라돈의 실체와 건강한 공존의 해법을 찾아봅니다.

- 4 라돈의 정의
- 6 라돈의 위해성
- 8 라돈의 유입 및 노출경로
- 10 라돈농도가 높은 경우
- 12 라돈 관리기준 및 관리현황
- 14 라돈 측정방법
- 16 라돈 저감방법
- 22 정부의 라돈관리 종합대책
- 24 라돈 Q&A



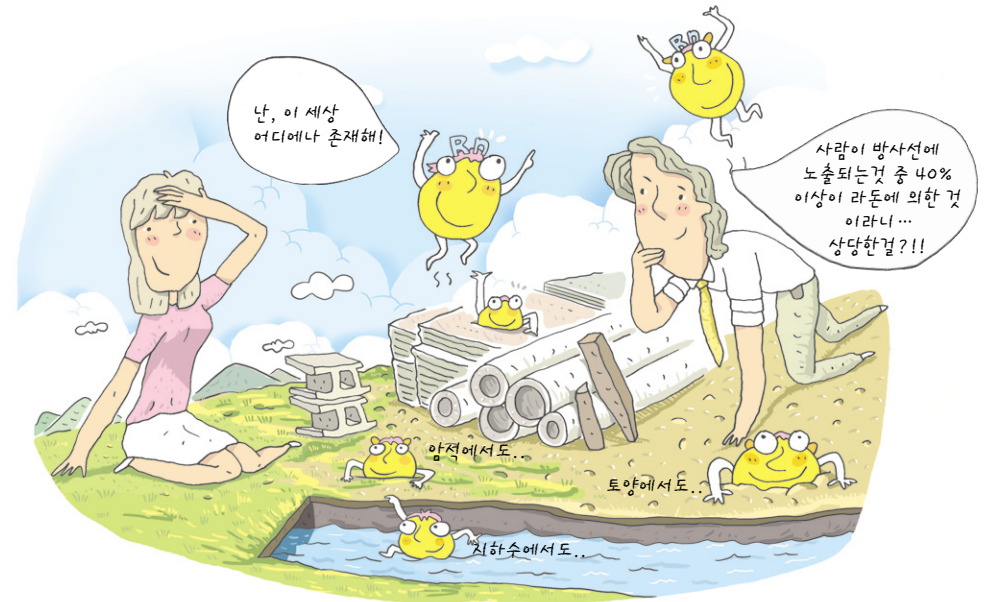
라돈을 아십니까?

인류와 공존해온 라돈

‘ ^{222}Rn ’, 라돈은 암석이나 토양, 건축자재 등에 존재하는 우라늄이 몇 차례 붕괴를 거치는 과정에서 생성되는 무색·무취·무미의 기체로 지구상 어디에나 존재하는 자연방사능 물질입니다.



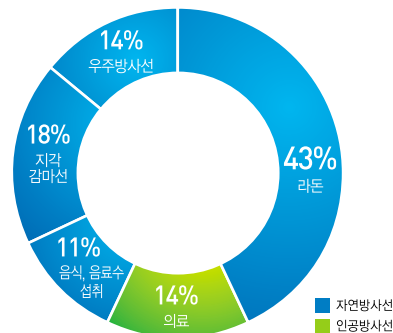
※ 반감기(Half-Life): 방사성 물질이 원래 개수의 반으로 줄어드는데 걸리는 시간



연간 노출 자연방사선의 50% 차지

사람이 연간 노출되는 방사선의 85%는 자연 방사선에 의한 것이고, 그 중 50%는 라돈에 의한 것입니다.

자연방사선은 암석 등에서 나오는 지각방사선, 별에서부터 오는 우주방사선, 공기나 음식 등에서 발생하는 방사선 등이 있습니다. 반면에 항암치료나 X-ray 촬영 시 나오는 방사선은 인공방사선에 해당합니다.



연간 노출되는 방사선의 종류



라돈 농도 단위

라돈은 농도에 따라 인간에게 위해를 가하기도 하는데, 라돈 농도는 피코큐리(pCi)나 베크렐(Becquerel)로 표기합니다.

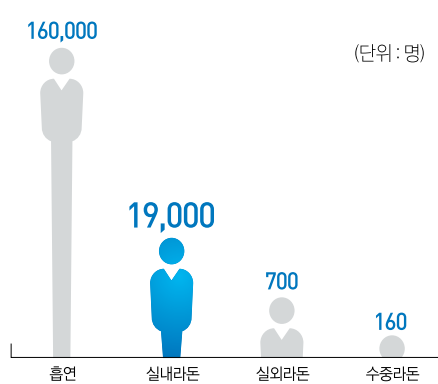
$$1 \text{ pCi/L} = 37 \text{ Bq/m}^3$$

베크렐(Bq/m³, 방사성물질 국제표준단위)은 1초에 방사선 1개가 핵에서 1번 방출되는 것, 즉 1초 동안 하나의 방사성 붕괴가 일어나는 양을 나타냅니다.

라돈, 그 불편한 진실

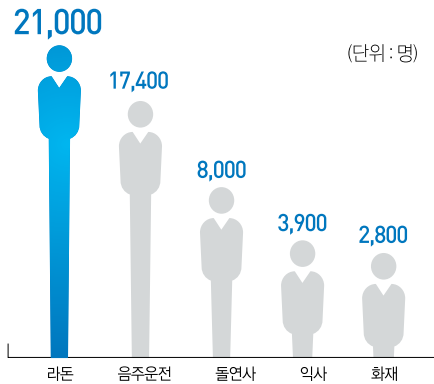
폐암 유발 1급 발암물질

호흡을 통해 인체에 흡입된 라돈과 라돈자손은 붕괴를 일으키면서 알파선을 방출하여 폐조직을 파괴합니다. 세계보건기구(WHO)는 전 세계 폐암 발생의 3~14%가 라돈에 의한 것이며, 라돈을 흡연에 이은 폐암 발생 주요 원인물질로 규정하고 있습니다.



미국 내 폐암 발병원인별 연간 사망자 수

※자료 : EPA Assessment of Risk from Radon in Homes (EPA 402-R-03-003)



미국 내 라돈 및 사고에 의한 연간 사망자 수

※자료 : EPA Assessment of Risk from Radon in Homes (EPA 402-R-03-003)

라돈자손이란?

라돈이 붕괴하며(반감기 3.82일) 생성된 ^{218}Po (폴로늄)으로부터 ^{206}Pb (납, 안정원소)에 이르는 연쇄 붕괴과정 중에서 생성되는 방사성물질



‘라돈과 흡연’, 그 치명적 시너지 효과

일반적으로 라돈에 노출된 경우 폐암이 발생할 확률은 흡연자가 비흡연자에 비해 훨씬 더 높습니다.

즉, 라돈과 흡연은 폐암발생에 상승작용을 하게 됩니다.

이러한 라돈의 위험성 때문에 WHO는 ‘국제라돈방지 계획’을 수립·추진하며, 실내공기 중 라돈 농도를 관리하도록 권고하고 있습니다.

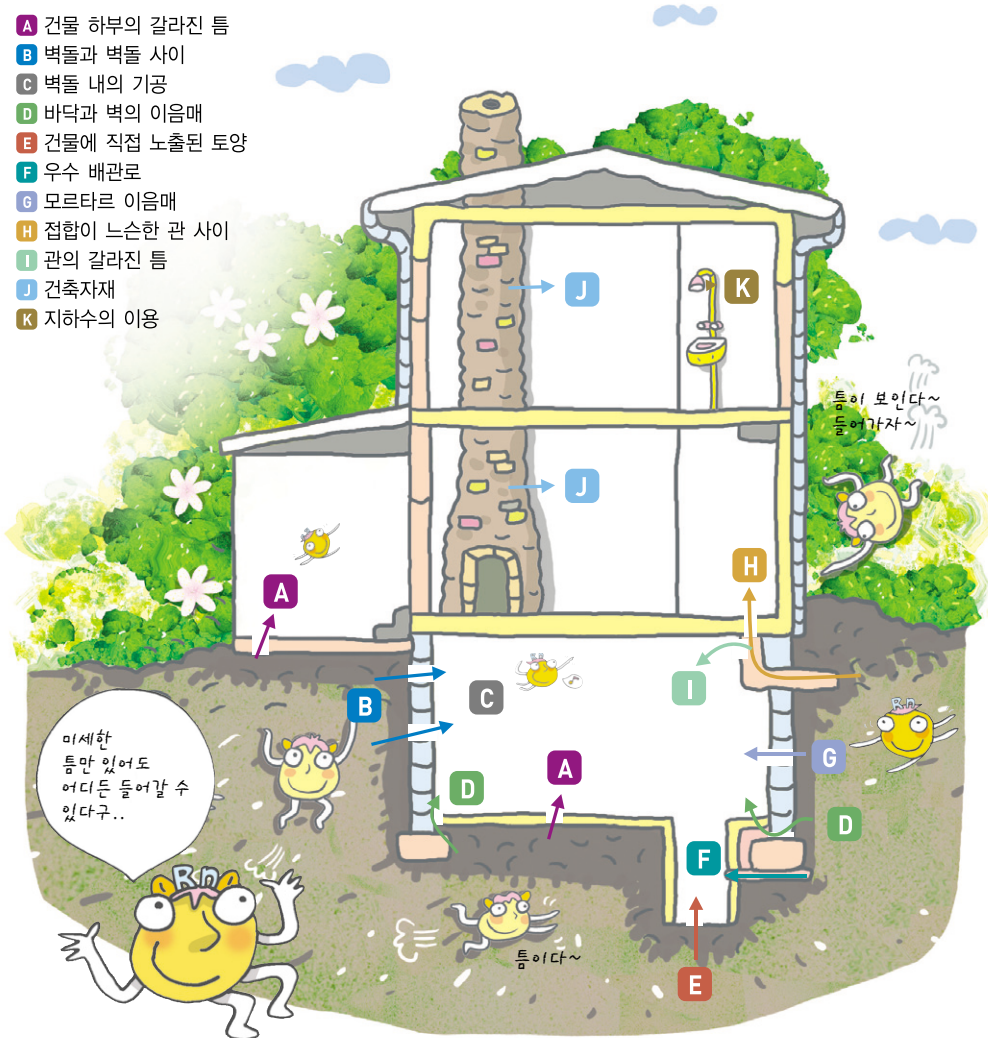




소리 없이, 조그만 틈이라도 보이면 여지없이!

라돈의 실내 유입 경로

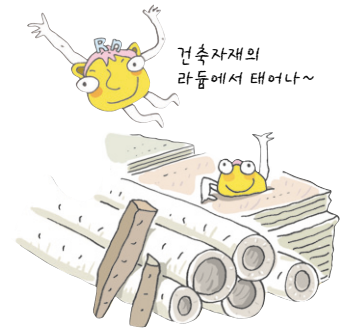
- A** 건물 하부의 갈라진 틈
- B** 벽돌과 벽돌 사이
- C** 벽돌 내의 기공
- D** 바닥과 벽의 이음매
- E** 건물에 직접 노출된 토양
- F** 우수 배관로
- G** 모르타르 이음매
- H** 접합이 느슨한 관 사이
- I** 관의 갈라진 틈
- J** 건축자재
- K** 지하수의 이용



토양으로부터 주로 유입

실내 라돈의 85~97%는 토양으로부터 건물 바닥이나 벽의 갈라진 틈을 통해 들어옵니다.

그밖에 미량이지만 건축자재에 들어 있는 라듐 등으로 부터 발생(2~5%)하거나, 지하수에 녹아 있던 라돈이 실내로 유입(1%)되기도 합니다.



유입경로는 건물의 갈라진 틈

라돈은 실내 등 밀폐된 공간에 고농도로 축적되어 문제를 일으킵니다.

토양층을 통과해 올라온 라돈이 실외보다 압력이 낮은 건물 내부로 유입되어 쌓이게 되는 것입니다.



대부분 실내공기 호흡 시 노출

라돈에 노출되는 경로의 약 95%는 실내 공기를 호흡할 때입니다.

이밖에 샤워를 할 때나, 물을 마실 때도 지하수에 녹아있는 라돈에 노출될 수 있습니다. 또한 식품 섭취에 의한 유입 가능성도 있으나, 확률은 매우 낮은 것으로 알려져 있습니다.

겨울철, 오래된 주택 라돈 주의보 발령!

지은 지 오래된 단독주택이 더 위험

라돈은 ①토양과 인접한 단독주택이나 ②바닥과 벽 등에 균열이 많은 오래된 건축물 ③밀폐도가 높고, 환기시설이 부족해 유입된 라돈이 잘 빠져나갈 수 없는 실내에서 농도가 높습니다.

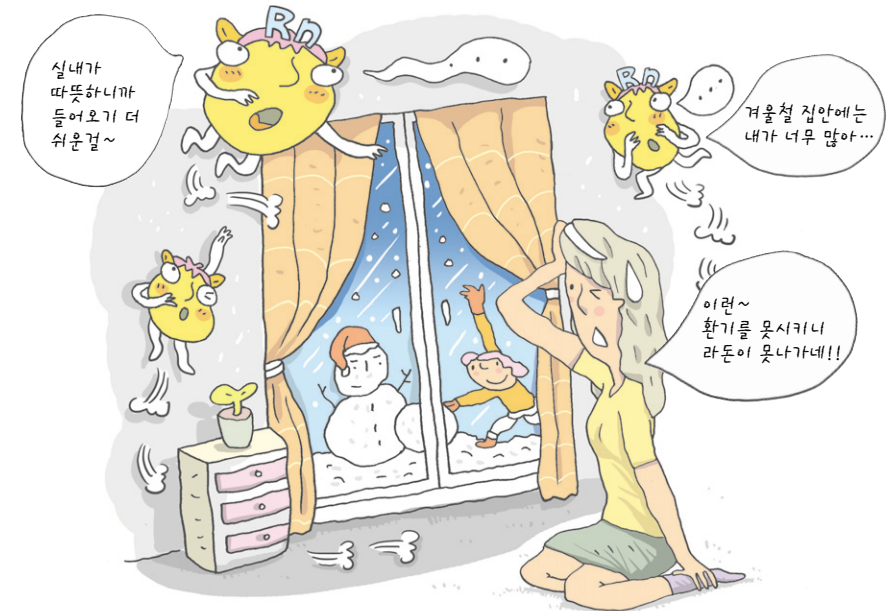
반면에 고층 아파트나 빌딩 등은 토양 라돈의 실내 유입 가능성이 낮아 상대적으로 농도가 낮다고 볼 수 있습니다.



화강암 지역, 겨울철이 더 높아

라돈 농도는 지역에 따라, 계절적 영향에 따라 차이를 보이는데, 주로 화강암이 넓게 분포된 지역에서 높게 나타납니다. 물론 같은 지층대에서도 건물 구조나 건축 양식, 환기량 등에 따라 차이가 날 수 있습니다.

또한 겨울철에는 토양과 실내의 온도 차이로 라돈의 유입률은 높고 환기율은 낮아 실내 농도가 더욱 높게 나타납니다.





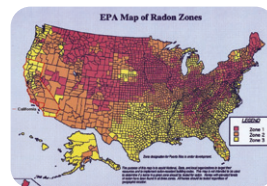
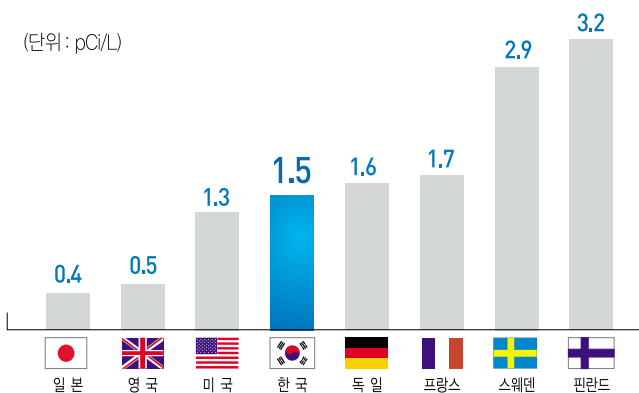
엄격한 관리로 라돈의 위험을 줄인다!

실내라돈 권고기준 4피코큐리

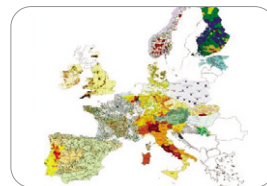
세계 각국은 주택 내 라돈농도 관리기준을 마련하여 운영하고 있습니다.
미국의 경우 건물 보수에 필요한 조치기준을 4pCi/L (148Bq/m³)로 설정하고 있습니다.

우리나라 역시 지하역사나 지하상가 등 17개 다중이용시설군과 학교(지하교실) 등에 대하여 실내라돈 권고기준을 4pCi/L로 설정하여 관리하고 있습니다.
('03. 5, '다중이용시설 등의 실내공기질 관리법' 제정)

각국의 실내공기 중 라돈농도 비교 ※자료 : 한국원자력안전기술원(KINS), 2005



미국의 라돈지도



유럽의 라돈지도 종합

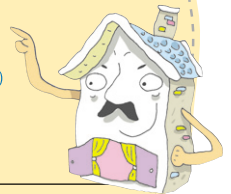
세계 각국, 라돈 관리 실시

선진국의 경우 체계적인 '전국 실내라돈 조사계획'을 수립하여 시행하고, 이 조사결과를 토대로 저감시설 도입기준과 저감방법을 제시하고 있습니다.



선진국에서의 라돈 관리 현황

국 가	라돈관리 제도현황
 미국	• 전국적인 실내 라돈조사 실시(1989 ~ 1991) 및 라돈지도 작성(EPA) • 가정내 조치기준으로 4pCi/L 권고 : 라돈 저감화 방법을 개발 및 제시하는 국민홍보물 제작·배포 • 라돈측정 및 저감기술을 가지고 있는 라돈서비스제공업체 및 기술인력 관리를 위한 숙련도검사 프로그램을 운영 : 숙련도시험에 합격한 서비스제공업체의 목록 공개 및 이용 권장
 영국	• 전국적인 실내 라돈조사 실시(1991 ~ 1992) 및 라돈지도 작성(영국 방사선방호위원회) : 고농도 지역의 경우 정부가 검사를 권고하고 검사비용 보조 • 가옥내 조치기준으로 5.4pCi/L(200Bq/m³)을 제안 • 토양라돈 배출시스템 도입 등 라돈 저감화 방법 개발 및 보급
 스웨덴	• 전국적인 실내 라돈조사 실시(1979년 이후 지속 실시, 스웨덴 라돈위원회) • 주거시설에 대한 라돈 농도 제한(의무사항) : 기존주택_10.8pCi/L(400Bq/m³), 신규주택_5.4pCi/L(200Bq/m³) • 라돈 저감화 방법 권고 및 비용 지원 : 건물바닥 보수, 토양라돈 배출관 설치, 환기 시스템 개선 등 저감화 방법 개발 및 보급 : 고농도 가옥(10.8pCi/L≒400Bq/m³ 이상)에 대한 라돈 저감화 비용 보조(50%) • 토양의 라돈 농도 조사 및 라돈 위험 지도 작성 : 새 건물 부지에 대해 토양 라돈을 조사하도록 권고(1980 ~) : 모든 건물부지에 대해 측량조사시 라돈 농도조사 실시(1988, 건축관련법) • 건축자재 관리 : 라돈 함량이 많은 일부 건축재료(이판암) 생산 금지(1975 ~)



라돈저감, 정확한 측정이 우선

라돈농도 어떻게 측정하나?

측정기술은 라돈 또는 라돈자손들로부터 방출되는 **알파선**, **베타선**, 또는 **감마선**을 검출하는 것입니다.

손쉽고 저렴한 측정기

일반 가정에서 측정하기 용이한 수동형 검출 장비로는 **알파비적검출기(Alpha Track Detectors)**가 대표적입니다.

이 기기는 플라스틱이나 셀룰로스 같은 고체 필름 표면에 알파입자가 입사될 때 생성되는 미세한 손상을 통해 라돈 농도를 측정합니다.

가격이 저렴하고 사용이 간편해서 **일반 가정에서도 손쉽게 측정**할 수 있습니다.



알파비적검출기 사용 방법

측정은 라돈농도가 높은 겨울철과 건물 매매 및 이사 시에 실시하여, 그에 따른 대책을 세우는 것이 가장 좋습니다.

1. 먼저 포장을 제거한 후 측정기 표면에 측정시작 날짜를 기록한다.
2. 라돈 수치가 궁금한 곳에 측정기를 놓고 사람들의 손길이 닿지 않도록 관리한다.
3. 90일의 측정시간이 지난 후, 종료 날짜를 기록하고 포장해서 분석기관으로 발송한다.

라돈 검출기의 종류

◆수동형 라돈 측정장치 *Passive radon measurement*

사용법이 간단하며 대부분 가격이 저렴하고 외부 전원이 필요 없는 방식을 채택하고 있습니다.

수동형 라돈 검출기 종류의 예

알파비적검출			활성탄흡착		충전막 전리함
알파트랙 Alpha Track	래드트랙 Radtrak	라듀엣 Raduet	활성탄 캐니스터 Charcoal Canisters	활성탄 Charcoal	이펄 E-Perm
					
대한민국	미 국	헝가리	미 국	미 국	미 국



능동형 라돈측정기 중 하나인 래드세븐(Rad 7)의 설치모습

◆능동형 라돈 측정장치 *Active radon measurement*

연속적으로 라돈농도를 측정하기 때문에 공기중 라돈농도를 **시간대별로 체크할 수 있으나**, **기기의 가격이 고가**라 일반 가정에서 사용하기에는 부담스러운 것이 단점입니다.

특명!

라돈으로부터 가족을 보호하라

라돈 저감의 핵심은
라돈가스의 **실내유입을 차단**하고,
유입된 라돈은 **적극적인 환기**를 통해
외부로 배출시키는 것입니다.



1. 가장 손쉬운 저감법, 환기

안전과 위험은 창문 하나 사이

가장 효과적이고, 손쉬운 라돈 저감방법은 '환기'입니다.

주기적인 환기를 통해 라돈의 위험으로부터 상당 부분 벗어날 수 있습니다.

라돈 농도는 낮추면 낮출수록 좋기 때문에 **항상 환기의 중요성을 생각**하고 이를 실천하는 노력이 필요합니다.



2. 기존 건물의 라돈 저감방법

틈새를 잡아라

라돈농도 측정 결과 만약 기준치를 초과했다면, 먼저 바닥이나 벽 등에 갈라진 틈이 있나 확인해보십시오.

보강재 등을 이용해 갈라진 틈새만 잘 막아도 실내 농도 저감에 큰 효과를 볼 수 있습니다.



보강재로 갈라진 틈을 막은 예

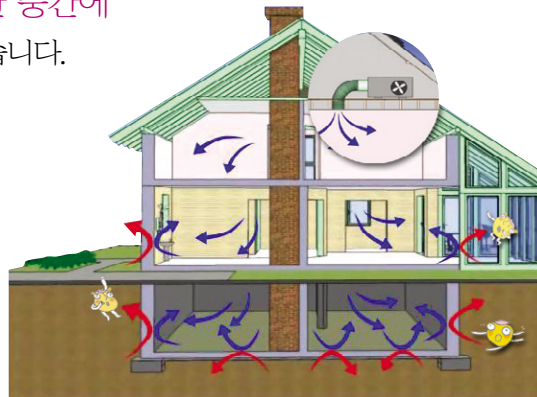


토양라돈 배출장치 설치 예

토양라돈 배출장치 도입

만약 이러한 조치로도 충분한 저감효과를 거두지 못했다면, 건물 밑 토양에 라돈 배출관을 설치합니다.

배출관은 토양중의 라돈가스를 모아서 실내를 거치지 않고 바로 건물 외부로 배출시킵니다. 배출관 중간에 환기팬을 설치하면 효과를 더욱 높일 수 있습니다.



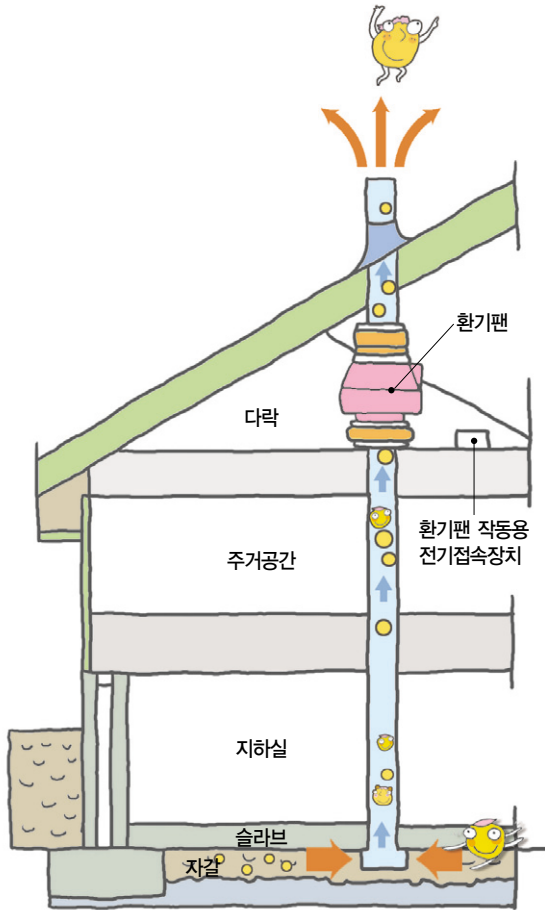
공기유입용 장치를 통한 라돈저감방법

외부공기 유입장치도 유용한 수단

공기유입용 장치를 통해 실내공기의 압력을 건물 하부보다 인위적으로 높이면 압력 차이 때문에 라돈가스가 실내로 들어오지 못하게 됩니다.



3. 건물 신축 시 라돈 저감방법



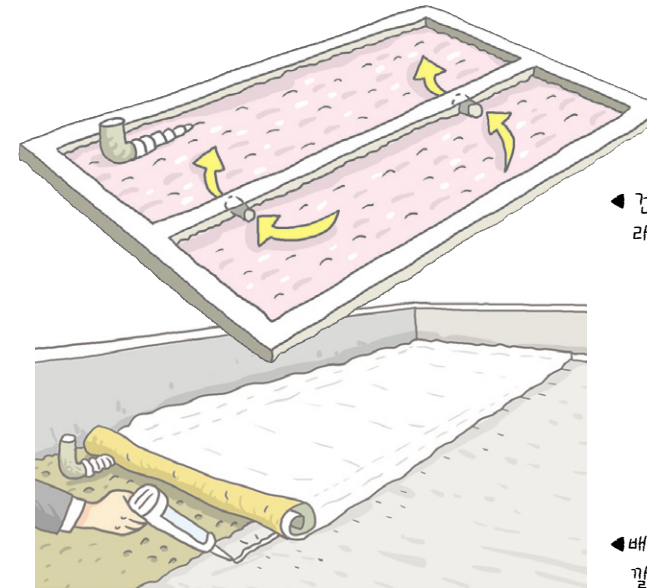
토양라돈 배출관 설치 등

신축 건물의 경우, 처음부터 **라돈 저감 시공법을 활용**하면 비용 대비 **최고의 저감효과**를 얻을 수 있습니다.

건물을 올리기 전에 ①토양에 **자갈**을 깔고 토양라돈 **배출관**을 설치한 후 ②**플라스틱 시트**를 깔고 틈새가 없도록 밀봉합니다.

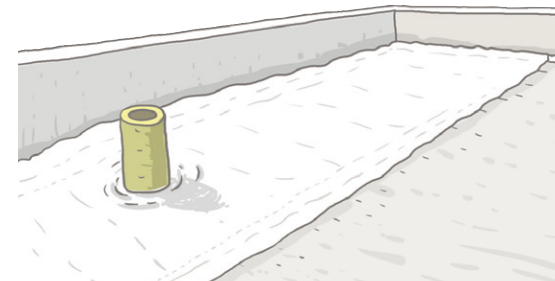
③라돈 배출관을 건물 **지붕** 위로 올라가게 **설비**하면, 토양에서 발생한 라돈이 **바로 외부**로 나가게 됩니다.

④추후 저감 효율을 높일 목적으로 **환기팬**을 **설치**할 수도 있습니다.



◀ 건물을 올리기 전, 토양에 자갈을 깔고 라돈 배출관을 설치합니다.

◀ 배출관을 설치한 토양 위에 플라스틱 시트를 깔고 틈새가 없도록 꼼꼼하게 밀봉합니다.



◀ 꼼꼼히 밀봉한 플라스틱 시트 위로 나온 배출관을 마감합니다.

라돈저감, 환경부가 함께 합니다

라돈으로부터 안전한 실내환경 조성

우리나라는 1996년부터 라돈 관련 조사 및 연구를 진행해오고 있으며, 그 동안의 연구결과 등을 토대로 '라돈으로부터 안전한 실내환경' 조성을 위한 **실내 라돈관리 종합대책(2007 ~ 2012)**을 수립·추진하고 있습니다.



라돈지도 및 저감 매뉴얼 보급

먼저 환경부는 **전문인력 양성 및 실태조사를 확대**하고, 이를 토대로 전국을 포괄하는 **'라돈지도'**를 작성하는 등 체계적인 관리 기반을 구축해 가고 있습니다.

또한 라돈으로 인한 인체 피해를 방지하기 위해 **'저감 매뉴얼'**을 개발·보급해나갈 계획입니다.

적극적인 교육·홍보 실시



환경부는 주택대상 실내라돈 무료측정 서비스 제공, 일반인 및 사업자 대상 교육 실시, 홍보동영상 제작 등 **라돈에 관한 다양한 정보들을** 제공하고 있습니다.

자세한 사항은
국가라돈정보센터 홈페이지
www.radon.or.kr에서 확인하세요.



실내 라돈을 무료로 측정해드립니다

환경부에서 1,000가구를 대상으로 현재 거주하고 계신 주택 내 실내 라돈 농도를 무료로 측정해드립니다.

- ☐ 신청대상: 거주지역 상관없이 주택의 1층 혹은 지하층
- ☐ 접수기간: 1,000가구 접수 완료시 까지
- ☐ 측정기간: 3개월

라돈에 대한 몇 가지 궁금증

Q 옆집의 라돈농도가 낮게 나왔다면 우리 집도 안전한가?

A 토양으로부터 유입되는 라돈은 건물의 노후도, 밀폐성 등에 영향을 받기 때문에 집마다 농도가 다를 수 있습니다.

그리고 토양에 비해 낮은 수치지만, 건축자재 등에서도 라돈이 발생할 수 있기 때문에 본인의 집을 직접 측정하는 것이 가장 확실합니다.

고층 아파트의 경우 단독주택에 비해 농도가 낮은 것이 사실이지만, 실내를 자주 환기시킬 것을 권장합니다.

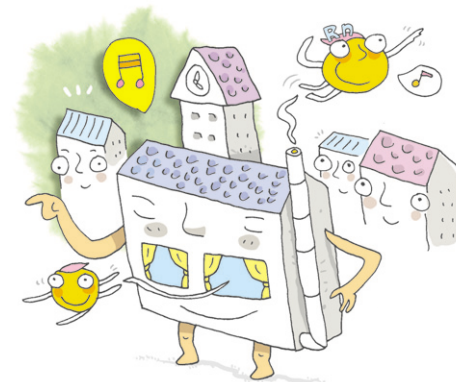


Q 라돈농도가 높은 집에서 10년째 살고 있다면, 지금 와서 대책을 세워도 소용없나?

A 라돈에 지속적으로 노출되면 폐가 계속해서 자극을 받게 됩니다. **지금이라도 농도를 낮춘다면**, 폐암 발생 위험을 줄일 수 있습니다.

Q 학교 등 공공건물의 효과적인 라돈 저감방법은?

A 일반 주택과 크게 다르지 않습니다. 일단 측정을 통해 라돈의 농도와 유입 경로를 확인한 다음 그에 적합한 저감시공을 하면 확실하게 농도를 낮출 수 있습니다. 학교의 경우 밤사이 환기가 이루어지지 않아 농도가 높아질 수 있으므로, 아침에는 반드시 환기를 시키는 것이 중요합니다.



녹색공존, 행복한 지구를 꿈꿉니다!

생각의 변화가 행동을 바꾸고
행동의 변화가 미래를 바꿉니다.
건강한 녹색공존, 그 희망의 조건.
해답은 우리 모두의
관심과 적극적인 실천에 있습니다.

